

УДК 621.436

К.А. Коваленко, инж.

ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ ПРИ СГОРАНИИ РАССЛОЕННОГО ЗАРЯДА В ЦИЛИНДРЕ ДВС

В настоящее время в карбюраторных и инжекторных бензиновых ДВС стремятся организовать послойное смесеобразование и сгорание. Основная цель – получить надежное воспламенение смеси и высокую скорость распространения пламени в начале горения. Особенно интенсивно это направление развивается применительно к двухтактным двигателям, где удается получить существенное улучшение экономических и экологических характеристик.

Несмотря на то, что эффект от применения послойного смесеобразования известен и используется довольно давно, в литературе трудно найти информацию по влиянию сгорания расслоенного заряда на теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Хотя неравномерное по объему камеры сгорания (КС) тепловыделение неизбежно должно привести к усилению неравномерности нагрева поверхностей деталей ЦПГ и, как результат, повышению локальной теплонапряженности и сложному деформированию деталей.

Современные САПР, использующие метод конечных элементов, позволяют рассчитать тепловое и напряженно-деформированное состояние (ТНДС) деталей. Однако, при сгорании расслоенного заряда, определить известными способами граничные условия теплопередачи от горячих газов стенкам затруднительно. Строго говоря, их можно задать, лишь достоверно зная объемную картину движения и плотности заряда в КС, а также форму пламени и её развитие. Проведение расчетов с учетом указанных физических явлений требует создания довольно сложных физико-математических моделей и алгоритмов их решения, а также выполнения предварительных экспериментальных исследований.

В данной работе показано решение упрощенной задачи теплообмена со стенками при послойном сгорании двухкомпонентной свежей смеси, состоящей из обогащенной и обедненной зон. Результаты расчета послужат для задания граничных условий при расчете ТНДС деталей ЦПГ, а также позволят оценить неравномерность теплоотдачи в стенки поршня и головку цилиндра при послойном сгорании.

При решении задачи была принята следующая методика и исходные данные:

- физико-математическая модель (ФММ) рабочего цикла [1], разработанная для двухтактного высокооборотного двигателя Д-70 (бензопилы «Мотор Сич - 270»);
- ФММ процесса послойного сгорания для КС упрощенной цилиндрической формы [2,3];
- расслоение заряда в КС принималось по двум схемам (рис.1);
- ширина фронта пламени - 0.02 (м), скорость распространения пламени постоянная (30 м/с) с началом горения в точке пресечения оси цилиндра и поверхности головки;
- температуры деталей ЦПГ задавались на основе результатов термометрирования [4];
- перемешивание обогащенной и обедненной зон в КС отсутствует.

ФММ сгорания предполагает разбиение КС на осесимметричные элементы - элементарные объёмы. Для этих объёмов в процессе сгорания определялись значения массы, объёма и температуры с учетом распространения фронта пламени, движения поршня и теплообмена со стенками. Заданные скорость распространения пламени и ширина его фронта хорошо согласуются с известными параметрами турбулент-

ного сгорания, а получаемый закон тепловыделения близок к закону определенному по эмпирической формуле Вибе.

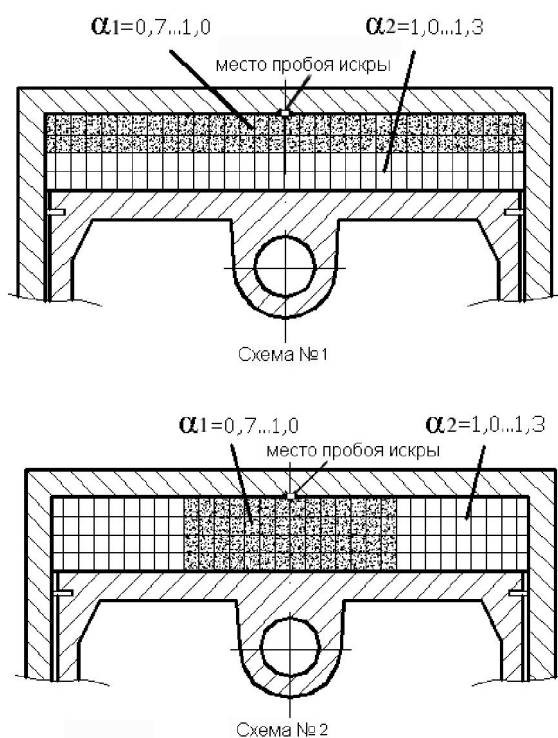


Рис. 1. Схемы для расчета сгорания расслоенного заряда.

Для каждой схемы расслоения заряда расчеты выполнялись по четырем вариантам значений коэффициента избытка воздуха для обогащенной смеси α_1 и обедненной смеси α_2 :

- 1) $\alpha_1=1, \alpha_2=1$;
- 2) $\alpha_1=0.9, \alpha_2=1.1$;
- 3) $\alpha_1=0.8, \alpha_2=1.2$;
- 4) $\alpha_1=0.7, \alpha_2=1.3$;

Принятые условия состояния свежего заряда в цилиндре двигателя на практике получить трудно, но цель исследования - оценить максимальные возможности использования расслоенного заряда, определить технико-экономические показатели ДВС и его конструктивные особенности.

Количество теплоты, участвующее в процессе за счет теплообмена со стенками, определялось по формуле Ньютона-Рихмана:

$$dQ_w = \alpha_w \cdot F_w \cdot (T_w - T) \cdot \frac{d\varphi}{\omega} \quad (1)$$

где α_w – коэффициент теплоотдачи; F_w – площадь поверхности теплообмена; T_w, T – температура соответственно стенки и рабочего тела.

Расчет по формуле (1) проводился для элементов расположенных у стенок КС. Количество теплоты, переданное стенке dQ_w за период $d\varphi$, нельзя использовать в уравнениях энергообмена только пристеночных элементарных объемов, т.к. при разбиении КС на большое количество элементов, температура элементов расположенных у стенок стремиться к значениям соответствующих локальных температур поверхностей. Поэтому dQ_w делили на число элементарных объемов расположенных нормально к поверхности стенки и полученные значения учитывали в уравнениях энергообмена каждого из этих элементов. Число нормально расположенных элементарных объемов к поверхности днища поршня и к головке цилиндра приняты равными половине от числа итераций по вертикали. Для боковых стенок цилиндра это число принято равным 1/3 от числа итераций по горизонтали. Такое представление энергообмена со стенками и между элементами можно принять т.к. сравнение величин суммарного количества теплоты переданного поверхностям КС рассчитанное по новой и по известной методике [1] дает разность результатов не более 8%.

Для расчета коэффициентов теплоотдачи в камерах ДВС предложено много эмпирических формул. В данном расчете была выбрана формула Вошни т.к. она учитывает турбулизацию от сгорания, интенсивность движения рабочего тела в различные периоды цикла, позволяет учитывать два тепловых

потока: конвекцией и излучением (2). Сравнение применения различных формул даны в работе [3].

$$\alpha_w = 819,5 \frac{P_{np}^2 \cdot W^{0,8}}{T^{0,53} \cdot D^{0,2}} + \varepsilon_n \sigma_0 \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_w}{100}\right)^4}{T - T_w} \quad (2)$$

где P_{np} – текущее давление в цилиндре при проворачивании вала; W – условная скорость рабочего тела; D – диаметр поршня; ε_n – степень черноты пламени; σ_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Изменение удельных тепловых потоков по радиусу поршня, определенные за период сгорания заряда, представлены на рис.2. Значения q_g и q_p соответствуют четырем вариантам задания значений α_1 и α_2 . Полученные данные говорят о значительной неравномерности теплоотвода. За период сгорания поршню от горячих газов передается ~70% тепла, подводимого к стенкам КС за рабочий цикл. Различие величин удельных тепловых потоков в центре поршня и на периферии за цикл достигает 1.6÷2.2 раз.

В табл.1 представлены результаты расчета суммарного количества теплоты переданной стенкам за период сгорания.

Таблица 1. Количество теплоты, отданное головке и поршню за период сгорания.

	Деталь	$\alpha_1=1$ $\alpha_2=1$	$\alpha_1=0.9$ $\alpha_2=1.1$	$\alpha_1=0.8$ $\alpha_2=1.2$	$\alpha_1=0.7$ $\alpha_2=1.3$
Схема	Головка (Дж)	8,43	7,51	6,58	5,61
	Поршень (Дж)	8,92	7,02	5,8	4,93
Схема	Головка (Дж)	8,43	6,86	5,73	4,83
	Поршень (Дж)	8,92	7,29	6,14	5,21

Двигатель Д-70 на номинальном режиме работает при среднем значении $\alpha=0.8$. При этом поршню за период сгорания, согласно расчетам по ФММ, передается 7.31 Дж, а головке 6.84 Дж. Сравнение этих

данных с данными табл. 1, показывает, что при реализации рабочего цикла с расслоением заряда по схеме №1 и значениях $\alpha_1=0.8$ и $\alpha_2=1.2$ можно уменьшить передачу теплоты поршню на 26%, головке на 3,9% (при той же неравномерности тепловых потоков) и улучшить топливную экономичность.

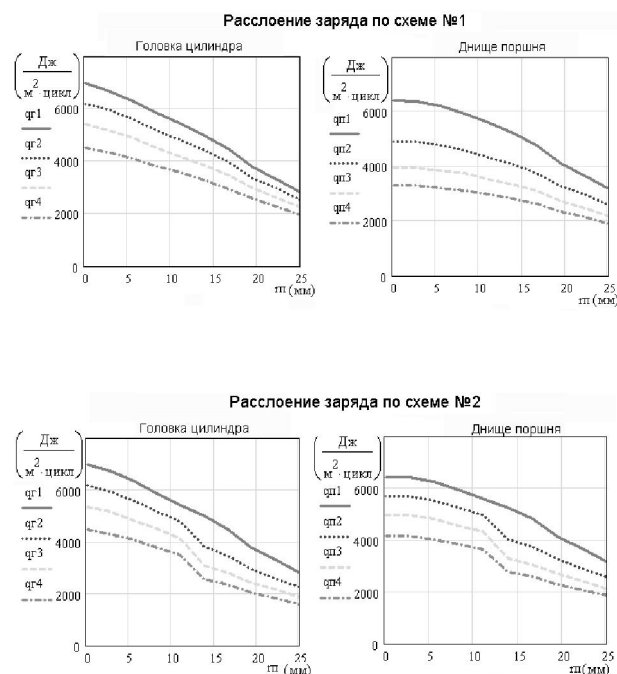
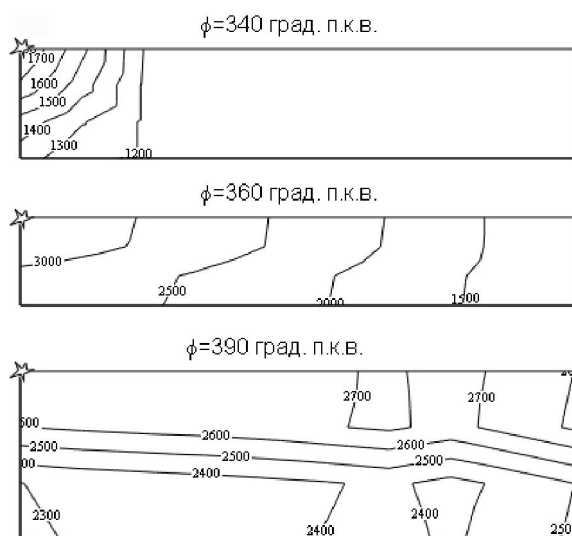


Рис. 2. Распределение удельных тепловых потоков по поверхностям головки цилиндра и днища поршня.

Качественную оценку влияния схемы расслоения заряда на температурную неравномерность газов в процессе сгорания можно получить из рис.3 (показана половина камеры сгорания). Температуры (по шкале Кельвина) показаны для трех положений поршня. Сгорание начинается при угле поворота коленчатого вала равном 330° и заканчивается при 390° . Место пробоя искры указано в левом верхнем углу прямоугольников.

Расслоение заряда по схеме №1



Расслоение заряда по схеме №2

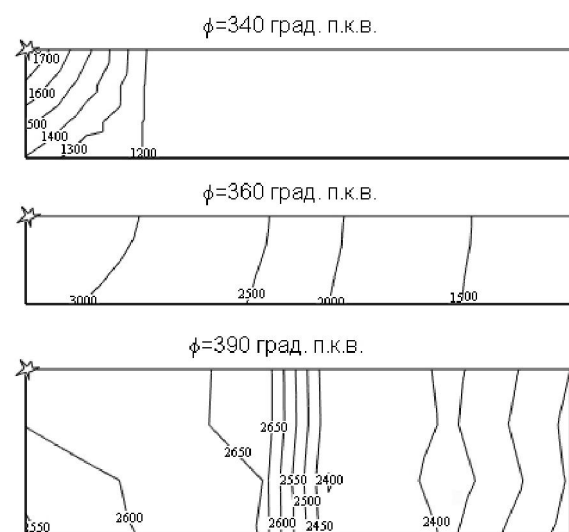
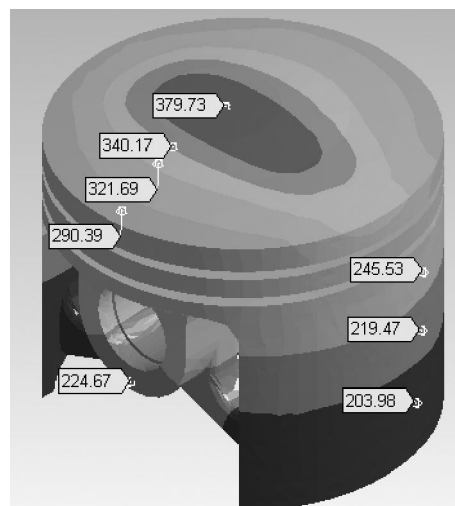


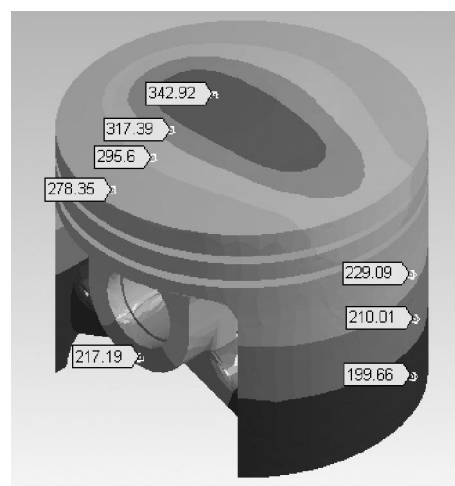
Рис. 3. Температуры расслоенного заряда в процессе сгорания при $\alpha_1 = 0.8$, $\alpha_2 = 1.2$

На рис.4 представлены результаты расчетов теплового состояния поршня. Граничные условия задавались с использованием результатов расчетов рабочего цикла по трем вариантам:

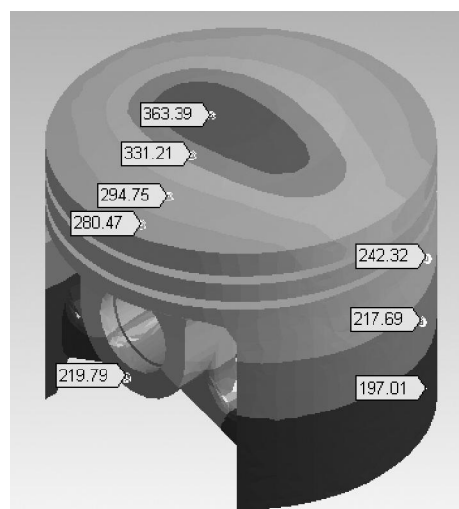
- а) $\alpha_1 = 0.8$, $\alpha_2 = 0.8$;
- б) $\alpha_1 = 0.8$, $\alpha_2 = 1.2$, расслоение заряда по схеме №1;
- в) $\alpha_1 = 0.8$, $\alpha_2 = 1.2$, расслоение заряда по схеме №2;



а)



б)



в)

Рис. 4. Температуры (°C) поршня в характерных точках.

Реализация рабочего цикла с расслоением заряда по схеме №1 (Рис.4. б)) позволяет понизить уровень температур и температурную неравномерность поршня.

Выводы

- 1). При уточненных расчетах ТНДС поршня необходимо учитывать расслоение заряда при сгорании.
- 2). При проектировании ДВС с использованием расслоения заряда, можно добиться не только снижения теплонапряженности деталей ЦПГ, а и улучшения топливной экономичности.

Список литературы:

1. Егоров Я.А. Физико-математическая модель рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания автотракторного типа: Учебное пособие.-К.: УМК ВО,

1991. –56с. 2. Егоров Я.А., Коваленко К.А. – «Расчет рабочего цикла ДВС с искровым зажиганием с учетом расслоения заряда при сгорании» // Вестник двигателестроения. – 2002 №1, с.28-31. 3. Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения: Труды Международной научно-технической конференции, 23-25 апреля 2003г., г.Челябинск – Челябинск: Изд-во ЮурГУ, 2003. – 263 с. // Егоров Я.А., Коваленко К.А. – «Температурная неравномерность рабочего заряда в цилиндре двигателя с искровым зажиганием», с.87-92. 4. Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. трудов - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2001 –Вып.26. Двигатели и энергоустановки.-303с. // Я.А.Егоров, К.А.Коваленко – «Исследование температурного поля деталей ЦПГ высокооборотного двухтактного ДВС», с.96-99.

УДК 621.43

А.В. Белогуб, канд. техн. наук, А.С. Стрибуль, инж., С.А. Нестеров, гл. конструктор

ПОРШЕНЬ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ МеМЗ-317 ($V_h=1.4$ л)

Введение.

Форсирование двигателя МеМЗ-245 (1.1л) по рабочему объему сначала до 1.2 л (МеМЗ-2457) потом до 1.3 л (МеМЗ-307), а затем и до 1.4 л (МеМЗ-317) с использованием коленчатого вала одной длины и максимальной унификации остальных деталей вызвало необходимость принимать неординарные технические решения под прессом острого дефицита времени. Одним из них было решение о смещении оси цилиндра относительно плоскости симметрии шатунной шейки на 1,25 мм, что не могло не сказаться на работе кривошипно-шатунного механизма

из-за появления дополнительного и достаточно значительного момента, изгибающего шатун.

1. Формулирование проблемы

Для максимального сокращения срока до начала моторных испытаний было принято решение изготовить из заготовки Ø78 (307.1004015Н) поршни 317.1004015 – Ø77.5, у которого внешняя поверхность соответствует профилю 307.1004015Н (для обеспечения возможности изготовления на существующей производственной линии), [1]. Такие поршни были изготовлены ОАО «АВТРАМАТ» и переданы ХРП «АвтоЗАЗ-МОТОР», где прошли серию испытаний, не связанных с ресурсом двигателя. Нача-